

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Leon Floreani

**ANALIZA SUSTAVA ZA NAPAJANJE GORIVOM KOD
OTTO MOTORA**

ZAVRŠNI RAD

Zagreb, 2018.

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti

ZAVRŠNI RAD

**ANALIZA SUSTAVA ZA NAPAJANJE GORIVOM KOD
OTTO MOTORA**

**ANALYSIS OF FUEL SUPPLY SYSTEM AT OTTO
ENGINE**

Mentor: prof. dr. sc. Goran Zovak

Student: Leon Floreani

JMBAG: 0135231254

Zagreb, rujan 2018.

SAŽETAK

U ovom radu pod nazivom „Analiza sustava za napajanje gorivom kod Otto motora“ obrađena je tema čije su teze aktualne u današnjem vremenu. Svakodnevno se velika većina ljudi koristi prijevoznim sredstvima, posebice automobilima te su istovremeno podložni održavanju istih, ali i potrebitom znanju pri samoj kupnji automobila. Osnovne ili temeljne eksploatacijske značajke svakoga motora s unutrašnjim izgaranjem ključne su za odabir istoga, jer se kvaliteta i cijena određuju upravo prema njima. Prikazan je način rada četverotaktnog motora te svi njegovi dijelovi koji su kategorizirani na pokretne i nepokretne. S druge strane, detaljna analiza bazirana je na sustavu za napajanje gorivom motora, te načinima ubrizgavanja goriva i razvojem sustava za napajanje gorivom. Dolazi se do zaključka da je odabir klase motora unutar automobila stav svakoga pojedinca prema njegovim željama, ali i mogućnostima.

Ključne riječi: Otto motor, takt, sustav napajanja gorivom, ubrizgavanje

SUMMARY

In paper titled "Analysis of Fuel Supply System at Otto Engine", a topic was discussed whose theses are current in today's time. Most people every day use different means of transport, especially cars, while at the same time being subjected to maintaining the same but also the necessary knowledge when purchasing a car. Fundamental exploitation features of each internal combustion engine are crucial to choosing right because quality and price are determined by them. The four-stroke engine and all its parts, categorized as movable and immovable, are shown. On the other hand, detailed analysis is based on fuel engine systems, fuel for fuel injection and fuel system development. It concludes that the choice of engine class within a car is the attitude of every individual according to his desires but also the possibilities.

Keywords: Otto engine, stroke, fuel supply system, injection

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. PRINCIP RADA OTTO MOTORA.....	2
2.1. Četverotaktni Otto motor.....	4
2.1.1. Prvi takt – usis	4
2.1.2. Drugi takt – kompresija.....	5
2.1.3. Treći takt – zapaljenje i ekspanzija	6
2.1.4. Četvrti takt – ispuh	7
2.2. Dvotaktni Otto motor.....	8
3. OSNOVNI DIJELOVI I ULOGA SUSTAVA ZA NAPAJANJE GORIVOM KOD OTTO MOTORA.....	9
3.1. Nepokretni dijelovi Otto motora.....	10
3.2. Pokretni dijelovi Otto motora	15
3.3. Sustav za napajanje gorivom	22
4. NAČINI UBRIZGAVANJA GORIVA KOD OTTO MOTORA.....	29
4.1. Direktno ubrizgavanje goriva	29
4.2. Indirektno ubrizgavanje goriva.....	31
4.2.1. Single Point Injection	32
4.2.2. Multi Point Injection	33
5. EKSPLOATACIJSKE ZNAČAJKE OTTO MOTORA	34
6. RAZVOJ SUSTAVA ZA UBRIZGAVANJE NA MOTORNIM VOZILIMA.....	36
7. ZAKLJUČAK	39
LITERATURA	40
POPIS SLIKA.....	42

1. UVOD

Sustav napajanja motora gorivom ključan je u radu samoga motora, stoga je potrebno izvesti takav sustav koji neće imati gubitaka, ili će imati minimalno gubitaka. Oni sustavi za napajanje motora gorivom koji imaju način ubrizgavanja direktan i elektronski, imaju efektivno iskorištenje snage pri manjem okretnom momentu i manjim obrtajima motora. U povijesnom razvoju Otto motora može se reći da je unaprjeđenje veliko s obzirom da su postojali, odnosno proizvodili se, motori s izuzetno malo radnog obujma, a time i snage, pa sve do danas kada je snaga motora i do 100 puta veća uz činjenicu da ne troše puno više goriva te da pri tome stvaraju manje emisija CO₂.

Naslov završnog rada je: Analiza sustava za napajanje gorivom kod Otto motora. Cilj rada je izvršiti analizu sustava za napajanje gorivom Otto motora. Rad je podijeljen u sedam glavnih cjelina:

1. Uvod
2. Princip rada Otto motora
3. Osnovni dijelovi i uloga sustava za napajanje gorivom kod Otto motora
4. Načini ubrizgavanja goriva kod Otto motora
5. Eksploatacijske značajke Otto motora
6. Razvoj sustava za ubrizgavanje na motornim vozilima
7. Zaključak

U prvom poglavlju dan je uvodni dio u kojemu se navodi kratak opis teme, navode se teze rada kao struktura rada po poglavljima. U drugom poglavlju je opisan princip rada Otto motora kroz sva četiri takta, te je naveden kratak opis rada dvotaktnog Otto motora. U trećem poglavlju prikazani su svi dijelovi Otto motora kategorizirani u dvije veće skupine. U četvrtom poglavlju opisani su načini ubrizgavanja goriva kod Otto motora razrađeni kroz direktno i indirektno ubrizgavanje goriva. Peto poglavlje navodi glavne eksploatacijske značajke Otto motora, te još neke druge. Šesto poglavlje donosi kratak razvoj sustava za ubrizgavanje goriva na motornim vozilima općenito počevši od motora s ubrizgavanjem goriva s jednom brizgalicom, pa do motora s

ubrizgavanjem goriva s četiri brizgalice, mehanički i elektronski. Sedmo poglavlje je zaključno i u njemu se daju završne činjenice na obrađenu temu.

2. PRINCIP RADA OTTO MOTORA

Otto motor nazvan je po njemačkom izumitelju Nikolausu Augustu Ottu, njemačkom strojaru, izumitelju i poduzetniku. Otto motor je motor s unutarnjim izgaranjem kojemu se goriva smjesa u cilindru pali električnom iskrom na svjećici. Hrvatski naziv za takav motor je benzinski motor, a naziva se i motor sa stranim izvorom paljenja, [1].

Postoji nekoliko glavnih podjela automobilskih motora ovisno o promatranim karakteristikama. Glavne podjele određene su prema [2] i [3]:

- Motori se mogu podijeliti ovisno o mjestu izgaranja goriva na:
 - Motore s vanjskim izgaranjem (gorivo izgara izvan radnog prostora)
 - Motore s unutarnjim izgaranjem (gorivo izgara neposredno unutar radnog prostora)
- Prema stvaranju smjese i paljenju motori se dijele na:
 - Otto motore
 - Dizelske motore
- Prema radnim taktovima motori mogu biti:
 - Dvotaktni – radni ciklus odvija se u 2 takta (1 okretaj radilice), otvorena izmjena plinova
 - Četverotaktni – radni ciklus odvija se u 4 takta (2 okretaja radilice), zatvorena izmjena plinova
- Prema smještaju cilindra razlikuju se:
 - Redni motori
 - V-blok motori
 - Bokser motori
 - VR-motori
- Podjela prema gibanju klipova:
 - Motori s potisnim klipovima
 - Motori s rotacijskim klipovima
- Podjela prema načinu hlađenja:

- Tekućinom hlađeni motori
- Zrakom hlađeni motori

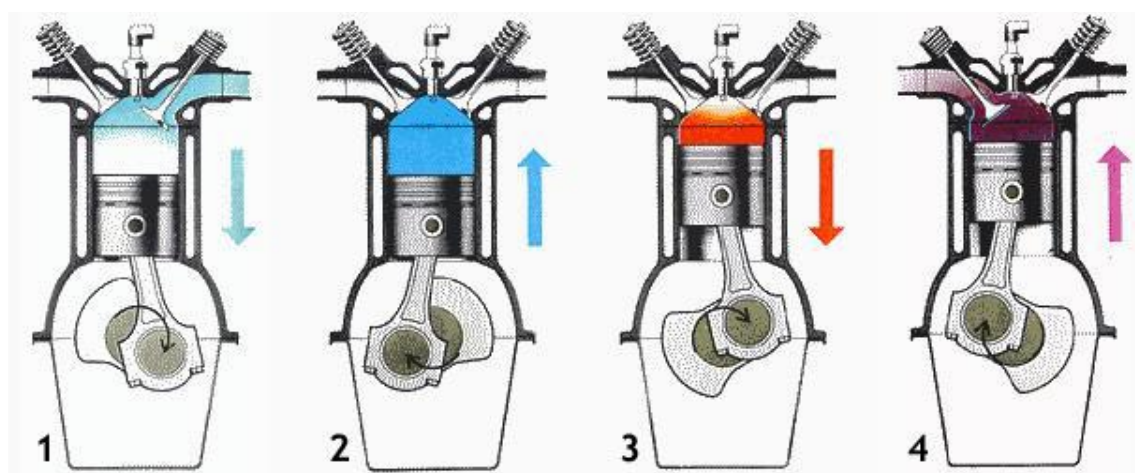
Razvojem parnog stroja i pojavom rasvjetnoga plina kao goriva, sredinom 19. stoljeća stvoreni su uvjeti za pojavu novoga, lakog i ekonomičnog pogonskog stroja, pa je 1860. godine u Parizu izumitelj É. Lenoira stavio u pogon dvotaktni plinski motor. Na toj je osnovi N. A. Otto uz pomoć Eugena Langena, 1867. godine konstruirao i izradio dvotaktni atmosferski plinski motor. Goriva smjesa palila se plinskim plamenikom skrivenim iza pomičnoga zasuna, nagla ekspanzija plinova izbacivala je klip uvis, dok je u cilindru nastajao podtlak. Atmosferski tlak i težina vraćali su klip prema dolje, a on je pritom preko nazubljene motke okretao glavno vratilo sa zamašnjakom. Otto i Langen 1876. godine dovršili su četverotaktni motor. Četverotaktni motori imaju veću ekonomičnost od dvotaktnih, manji je udjel štetnih tvari u ispušnim plinovima te stvaraju veće snage, a primjenjuju se za pogon putničkih automobila, jačih motocikala, manjih plovila, zrakoplova i dr. Mali Otto motori koji moraju biti lagani i jeftini većinom su dvotaktni, a podmazuju se uljem kojeg se benzinu dodaje od 1% do 4%. Ulje koje nije izgorjelo u takvim motorima onečišćava ispušne plinove i otežava njihovo pročišćavanje, pa oni u pogledu niske emisije štetnih tvari ne mogu dostići četverotaktne. Pogonsko gorivo današnjih Ottovih motora je benzin. Sve rjeđe su to ukapljeni naftni plin, stlačeni prirodni plin ili alkohol. Kod benzinskih motora s vanjskom pripremom gorive smjese za miješanje goriva i zraka, te ubrizgavanje smjese u cilindar primjenjuju se rasplinjači ili uređaji za ubrizgavanje u usisnu cijev, a kod motora na plin posebni uređaji, [1].

Neovisno o procesu izgaranja, razlikuju se četverotaktni i dvotaktni proces. Kod oba procesa u prvom taktu odvija se kompresija radnog medija smanjenjem volumena, nakon čega slijedi izgaranje, a u nastavku takt ekspanzije. Prilikom svoga gibanja između krajnjih točaka (mrtvih točaka), klip istisne stapajni¹ volumen. Budući da cilindri stoje okomito, razlikuju se donja (DMT) i gornja (GMT) mrtva točka. Maksimalni volumen cilindra postiže se u trenutku kada je klip došao u položaj donje mrtve točke (DMT), a minimalni volumen cilindra imamo u trenutku kada je klip došao u položaj gornje mrtve točke (GMT). Minimalni volumen se često naziva i kompresijski volumen. Kako se kod četverotaktnog Otto motora radni proces odvija

¹ Volumen kompresije, razlika između maksimalnoga i minimalnoga volumena ili najveća promjena volumena. Stapaj je udaljenost koju prelazi klip u cilindru između svojih krajnjih točaka, odnosno između GMT i DMT.

unutar 4 takta za to vrijeme radilica napravi dva, a bregasta osovina jedan puni okretaj. Za svaki okretaj radilice klip napravi dva hoda od jedne do druge mrtve točke. Za četverotaktni proces potrebna su daljnja dva takta, kako bi se izvršila izmjena radnog medija. U prvom taktu dolazi do istiskivanja ispušnih plinova iz cilindra, kroz otvoreni ispušni ventil, a u slijedećem taktu usis svježeg radnog medija kroz otvoreni usisni ventil, [2], [4].

Na slici 1 prikazana su četiri takta radnog ciklusa – usis, kompresija, izgaranje i ekspanzija, te ispuh.



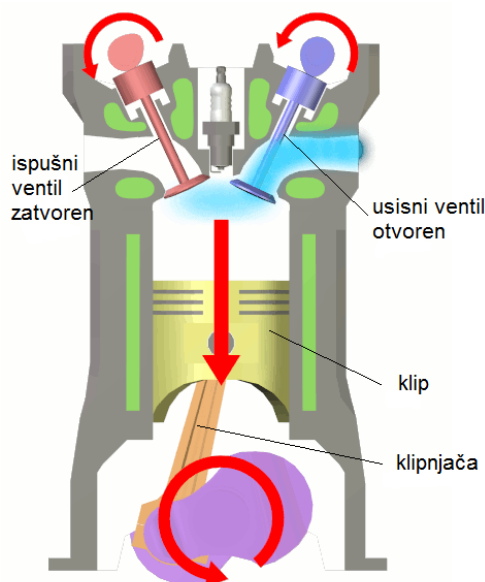
Slika 1. Četiri takta radnog ciklusa, [3].

2.1. Četverotaktni Otto motor

2.1.1. Prvi takt – usis

Prvi takt počinje otvaranjem usisnog ventila 10° do 30° prije gornje mrtve točke, a završava zatvaranjem 40° do 60° poslije donje mrtve točke. Klip se giba od gornje mrtve točke prema donjoj i volumen se povećava čime u cilindru nastaje podtlak od 0,7 do 0,8 bara, te u njega ulazi smjesa goriva i zraka brzinom od oko 100m/s. Kod starijih motora kod kojih se klip i ventili ne dotiču usisni ventil je u potpunosti otvoren u gornjoj mrtvoj točki pa usis može početi ranije, no u većini slučajeva usis počinje kasnije. Kod nekih motora su, pak, u klipu urezani utori za ventile kako bi usis mogao početi ranije. Kako god bilo, ventil je u potpunosti otvoren tek kad se klip dovoljno

odmakne od gornje mrtve točke. Kut otvaranja i zatvaranja ventila ovisi o formi brjegov bregaste osovine pa se tako oštrijim brjegovima ventili otvaraju i zatvaraju brže što utječe i na početak njihova pomicanja, [2], [3]. Na slici 2 prikazan je prvi takt – usis.



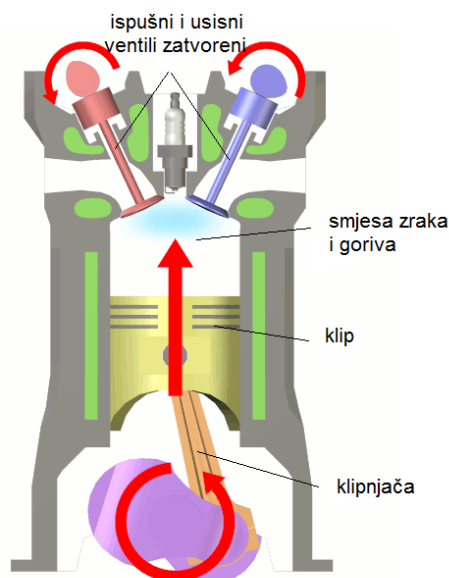
Slika 2. Prvi takt – usis, [3].

Kasnije zatvaranje usisnog ventila može se dogoditi zbog toga što smjesa koja struji usisnim kanalima ima određenu inerciju ili zbog skraćenja drugog takta, [3].

2.1.2. Drugi takt – kompresija

Drugi takt počinje zatvaranjem usisnog ventila 40° do 60° poslije donje mrtve točke i traje sve do gornje mrtve točke. Klip se giba prema GMT, volumen se smanjuje, a tlak i temperatura rastu. Tako usisana smjesa komprimira se na 7 do 12 puta manji volumen od usisanog. Omjer kompresije naziva se omjer između ukupnog volumena cilindra i kompresijskog volumena, a što je on veći to je bolji stupanj iskorištenja motora. Dakle, to znači da motori za jednaku potrošnju goriva no s višim omjerom kompresije imaju i veću snagu. Omjer kompresije ograničen je temperaturom samozapaljenja goriva, jer s povišenjem tlaka raste i temperatura, a

temperatura kompresije je približno 400 do 500°C, dok tlak kompresije iznosi 10 do 20 bara, [2], [3]. Na slici 3 prikazan je drugi takt kompresije.



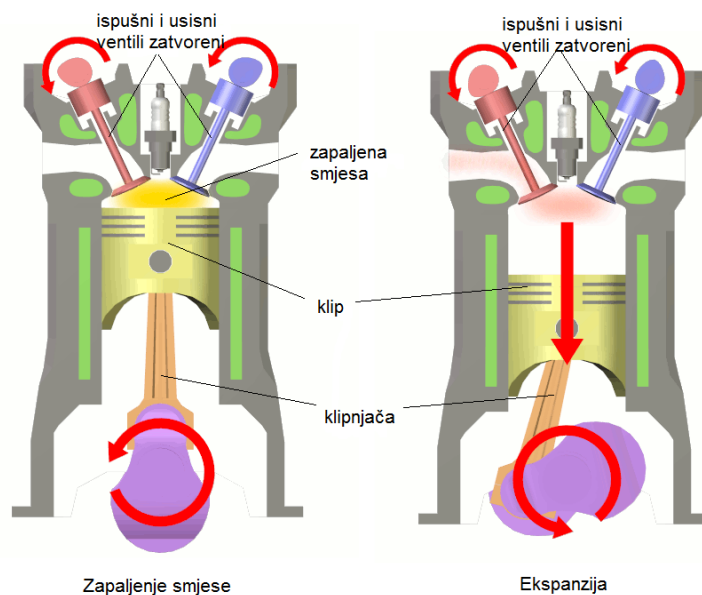
Slika 3. Drugi takt – kompresija, [3].

Uzrok smanjenja tlaka kompresije može biti prouzrokovan propuštanjem komprimirane smjese između prstena i cilindra, propuštanjem kroz usisne i ispušne cilindre, propuštanjem kroz brtvu glave ili propuštanjem kroz pukotine u glavi ili cilindru. Uzrok povećanja tlaka kompresije propuštanje ulja u cilindar motora, [2], [3].

2.1.3. Treći takt – zapaljenje i ekspanzija

Treći takt počinje u GMT zapaljenjem i izgaranjem smjese, a završava otvaranjem ispušnog ventila 40 do 50° prije DMT. Nakon zapaljenja dolazi do izgaranja smjese, zbog koje se temperatura povisuje od 2000 do 2700°C, a tlak na 40 do 60 bara. Nastali tlak djeluje na čelo klipa silom koja pomiče klip prema DMT. Izgaranje goriva odvija se na prvom dijelu klipa prema DMT. Na drugom dijelu vreli plinovi ekspandiraju potiskujući klip, i to je jedini takt u kojem se dobiva korisni rad. Paljenje mora uslijediti u pravom trenutku kako bi maksimalni tlak bio bliže GMT, no bez negativnih posljedica, čime se postiže minimalna potrošnja goriva uz

maksimalnu snagu. Na slici 4 prikazan je treći takt, odnosno zapaljenje smjese i ekspanzija uz odgovarajuće položaje klipova.



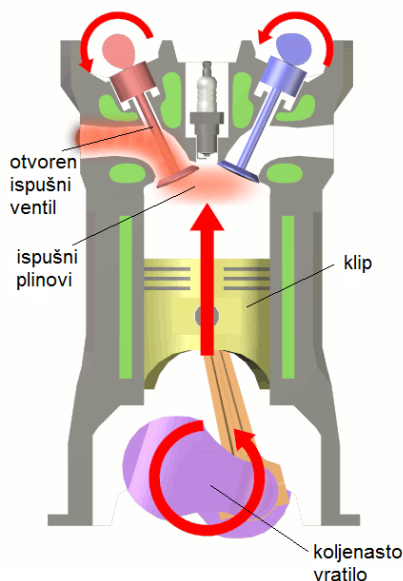
Slika 4. Treći takt - izgaranje i ekspanzija, [3].

Dio korisnog rada se gubi, jer se ispušni ventili otvaraju 40 do 50° prije nego klip uđe u DMT, te dio plinova izlazi iz cilindra vlastitim tlakom. Time klip u taktu ispuha ima manji protutlak, a to znači da motor ima veću snagu. Za radni takt je bitno da se energija vreljih plinova odnosno toplina pretvara u mehanički rad, [2], [3].

2.1.4. Četvrti takt – ispuh

Četvrti takt počinje otvaranjem ispušnog ventila od 40° do 50° prije DMT, a završava zatvaranjem 4° do 30° poslije GMT. Ispušni plinovi iz cilindra potisnuti su kretanjem klipa od DMT do GMT, a jedan dio plinova izlazi u atmosferu čim se otvori ispušni ventil i kada se klip počne gibati prema GMT izbacuje i ostatak plinova. Na kraju radnog takta ispušni plinovi imaju od 3 do 5 bara i 900°C. Prolaskom preko ispušnih ventila ekspandiraju i ulaze u ispušni vod velikom brzinom što im daje veliku inerciju. Ventili se zatvaraju i do 22° nakon GMT da se iskoristi velika brzina ispušnih

plinova zbog čišćenja prostora za izgaranje. Na kraju ispuha otvoreni su ispušni i usisni ventil, [2], [3]. Na slici 5 prikazan je četvrti takt, odnosno ispuh.



Slika 5. Četvrti takt - ispuh.

2.2. Dvotaktni Otto motor

Dvotaktni Otto motor obavi cijeli ciklus u jednom okretu koljenastog vratila, odnosno u 360° . U procesu rada motora koristi se prostor iznad i ispod klipa. Dvotaktni motor, za razliku od četverotaktnog, umjesto ventilskog i razvodnog mehanizma ima razvod pomoću klipa i kanala na cilindru, a kanale otvara i zatvara klip. Dvotaktni motor s tri kanala najjednostavnija je konstrukcija motora SUI. Motor ima usisni kanal na kojem je rasplinjač, ispušni kanal za odvod ispušnih plinova i spojni kanal koji povezuje kućište s cilindrom motora. U prvom taktu klip se giba iz DMT u GMT, a zbog njegova pomicanja povećava se volumen u kućištu i nastaje podtlak. Čim klip otvori usisni otvor ili kanal, zbog razlike između unutrašnjeg i vanjskog tlaka, zrak dobije potrebnu brzinu i tada se vrši pred usisavanje u kućište motora. U to vrijeme, klip komprimira već prije usisanu smjesu u cilindru, i nekoliko stupnjeva prije GMT svjećica upali smjesu. U drugom taktu klip se giba od GMT do DMT zbog tlaka izgorjelih plinova i prvo otvara ispušni kanal. Za to vrijeme klip je zatvorio usisni kanal i komprimira smjesu u kućištu motora, a daljnjim gibanjem, klip otvara spojni kanal, pa komprimirana smjesa naglo ulazi u cilindar i istisne ostatak

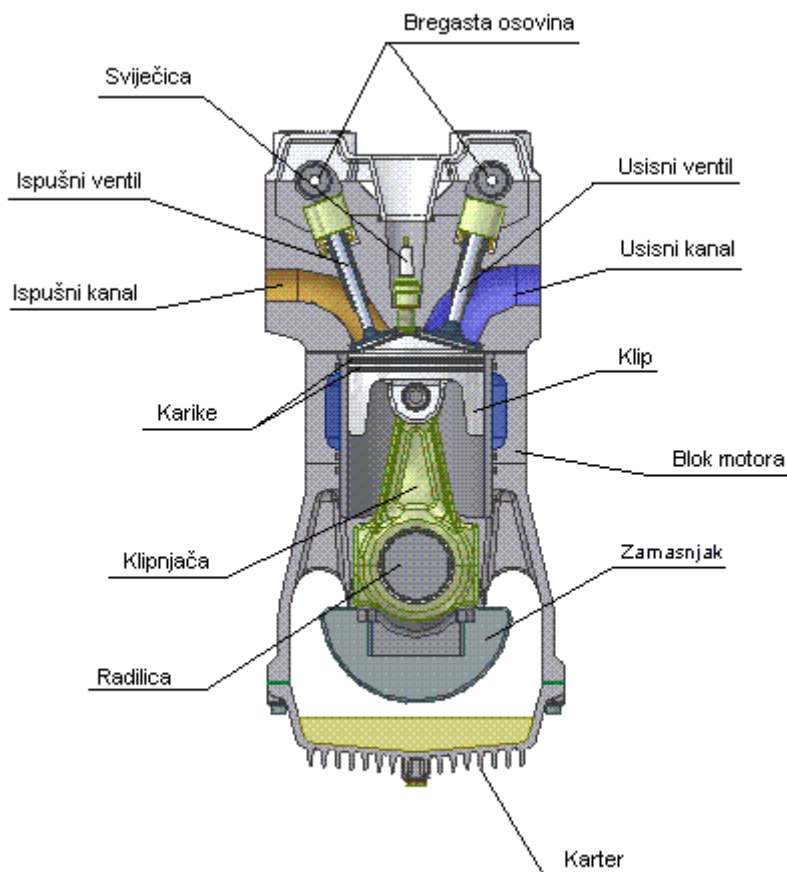
izgorjelih plinova. Cijelo vrijeme izmjene otvorena su oba kanala pa je zato u dvotaktnim motorima neizbježno miješanje svježe smjese i izgorjelih plinova, kao i djelomično izlaženje svježe smjese iz cilindra, [15].

3. OSNOVNI DIJELOVI I ULOGA SUSTAVA ZA NAPAJANJE GORIVOM KOD OTTO MOTORA

Četverotaktni Otto motor ima nekoliko osnovnih dijelova koji su potrebni za njegov rad. Pri radu je nužno kontinuirano podmazivanje mineralnim ili sintetičkim uljem kako ne bi došlo do fizičkog oštećenja, jer dijelovi od takvih materijala od kojih su proizvedeni jednostavno ne mogu raditi uz trenje. Prilikom vrtnje bilo kojega dijela ili pravocrtnog gibanja dolazi do velikog zagrijavanja pri čemu može doći do pucanja, pa se zato koristi ulje koje podmazuje. Četverotaktni motor radi u četiri takta pri čemu se vratilo ili osovina okreće dva puta jer je jedan takt povezan s usisom, drugi s kompresijom, treći s ekspanzijom i četvrti s ispuhom. Proizvodnja četverotaktnih motora odvija se s četiri cilindra u kojemu se nalazi po jedan klip, dakle četiri ukupno. Osnovni dijelovi motora ovise o njegovoj izvedbi i veličini. Dijelovi motora, prikazani na slici 6, mogu biti (ili jesu), [5]:

- temeljna ploča,
- blok motora,
- koljenasto vratilo,
- stapajica,
- klipnjača,
- križna glava,
- košuljica cilindra,
- stap (klip),
- glava motora,
- ispušni i usisni ventili,
- rasprskач (goriva) - karburator i svjećica,
- bregasto vratilo,
- zamašnjak.

Prethodno nabrojani osnovni dijelovi Otto motora mogu se grupirati, pa se može reći da imaju dvije grupe. Prva grupa su pokretni dijelovi (ventili, klipna grupa (klip, klipni prsteni, osovina, klipnjača), koljenasto vratilo, ležajevi i bregasto vratilo, a druga nepokretni dijelovi (temeljna ploča, glava motora, blok motora, cilindar i korito motora, [8].



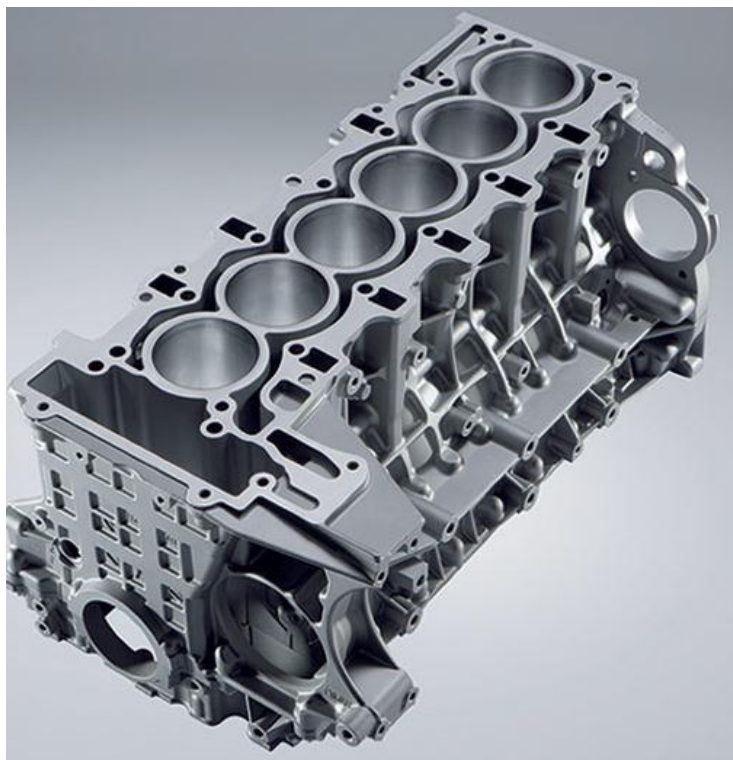
Slika 6. Osnovni dijelovi Otto motora, [4, 6].

3.1. Nepokretni dijelovi Otto motora

Temeljna ploča je donji dio motora na kojem počiva cijeli motor, odnosno ona je temelj cijelog motora. Na nju se smještaju temeljni ležajevi, te koljenasto vratilo, a također, na nju se učvršćuje blok motora. Temeljna ploča je učvršćena na posteljicu ili ležište motora temeljnim vijcima. Donja strana temeljne ploče završava se kadom (karter), koja služi kao spremište za ulje za podmazivanje kod manjih motora, a kod

većih motora kada služi za sakupljanje i odvođenje ulja u poseban za to predviđen tank, [5].

Blok motora je dio motora koji se proteže od temeljne ploče do glave motora. U njemu se nalaze cilindri motora, odnosno provrti u koje se smještaju košuljice. Jednostavno rečeno, blok motora je nepomična ljuštura u koju se ugrađuju pokretni dijelovi motora. Pored provrta za košuljice, u njemu se nalaze i provrti za hlađenje motora kojima cirkulira rashladno sredstvo. Blok motora kod automobila najčešće se izrađuje od lake legure (sivog lijeva koji je relativno velike tvrdoće) zbog smanjenja cjelokupne mase automobila, a blokovi velikih motora (kao što su brodski) izrađuju se lijevanjem od željeza, [5]. Ponekad se za izradu blokova upotrebljavaju i slitine lakih kovina. Odlikuje ih manja težina i bolje provođenje topline, ali su skuplje. Budući da bi se cilindri od lakog lijeva prebrzo istrošili, u provrte se obično umeću košuljice od specijalnog sivog lijeva, [8, 10]. Na slici 7 prikazan je izgled blok Otto motora.

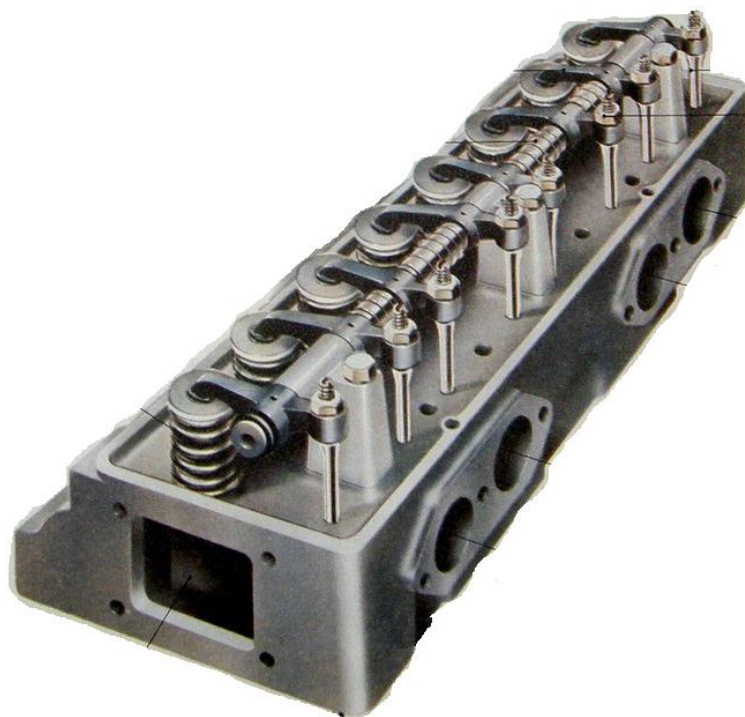


Slika 7. Blok Otto motora, [11].

Glava motora termički je najopterećeniji dio motora. Svrha joj je zatvaranje cilindra s gornje strane i formiranje prostora za izgaranje. Također, glava motora

osigurava prostor za prolaz usisnih i ispušnih kanala, a njezina je uloga i u smještaju ventila, svjećica, brizgaljki goriva, ležajeva bregastih vratila i drugih dijelova motora. Zbog složenosti konstrukcije, izrađuju se postupkom lijevanja, a kao materijal služi sivi lijev ili razne aluminijske legure. Spoj glave s blokom motora mora biti dobro zabrtvljen, što se postiže upotrebom odgovarajućih brtvi, odgovarajućim stezanjem vijaka i relativno velikom kratkoćom razmaka između površine glave i bloka motora. [5.] Za zadovoljavanje tih kriterija upotrebljavaju se azbestno-metalne brtve ili tanki limovi od bakra i aluminija, [8].

Glava motora s gornjim razvođenjem izrađuje se od sivog lijeva ili od aluminijske slitine. Aluminij je u upotrebi pogotovo za glave motora istaknutih karakteristika, zato što je male težine i dobro odvodi toplinu. Međutim, kad je glava aluminijska, sjedala i ventilske vodice se izrađuju od tvrđe kovine, jer bi se aluminij prebrzo istrošio. Pored toga je teško osigurati pouzdan spoj aluminijske glave s blokom od sivog lijeva, jer se kovine na toplini različito rastežu, [9]. Na slici 8 prikazana je glava motora na kojoj se nalaze ventili, opruge ventila te bregasta osovina.

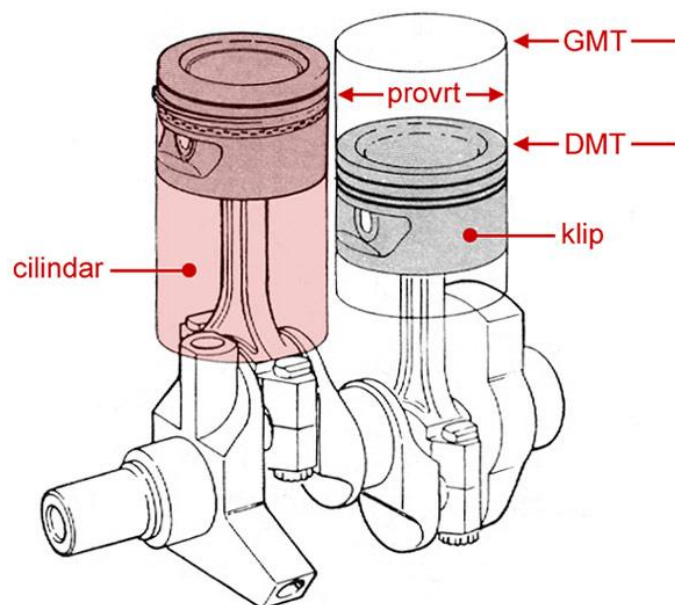


Slika 8. Glava Otto motora, [9].

Glava motora je na donjoj strani sasvim ravna, da bi točno mogla naleći na gornju stranu bloka. Obično je između tih dviju površina brtvilo glave, a ponekad se nepropusno prilijevanje postiže i bez brtvila. U tom slučaju se bježanje vode iz sistema za hlađenje sprečava gumenim brtvilima. Već i najmanja savijenost glave motora može uzrokovati nedovoljnu zabrtvljenost, uslijed čega iz motora izlaze plinovi i voda za hlađenje, [9].

Glava se, na primjer, može saviti ako u motoru nema dovoljno vode za hlađenje. Vrući plinovi vrlo jako zagriju prostore za izgaranje i ispušne otvore, koji stoga moraju biti i posebno dobro hlađeni. Dok usisni razvodnik može biti od aluminija, ispušni kolektor se izrađuje od lijevanog željeza otpornog na toplinu čelika, [9]. Ako se glava savije za mikrometar, tada motor vrši povećanu potrošnju vode za hlađenje i ulja za podmazivanje, a događa se i miješanje ta dva medija. Pri tome motor nema ravnomjeran rad i može doći do pregrijavanja motora te puknuća glave motora.

Cilindarska košuljica je obrada od legure otporna na visoke temperature, koja je umetnuta u blok motora, a kod manjih motora može biti dio bloka, odnosno izlivena skupa s blokom motora. Njezina je uloga prihvaćati toplinu nastalu izgaranjem te ju preko rashladne tekućine prenositi u okolinu, a također, prihvaćati sile koje se razvijaju prilikom izgaranja i gibanja klipa. Košuljice dvotaktnih i četverotaktnih motora se razlikuju po izvedbi, kod dvotaktnih motora one imaju kanale za izmjenu medija pri njenom donjem dijelu, dok košuljice četverotaktnih motora to nemaju, [5]. Na slici 9 prikazan je izgled cilindra Otto motora prikazan, odnosno označen ružičastom bojom.

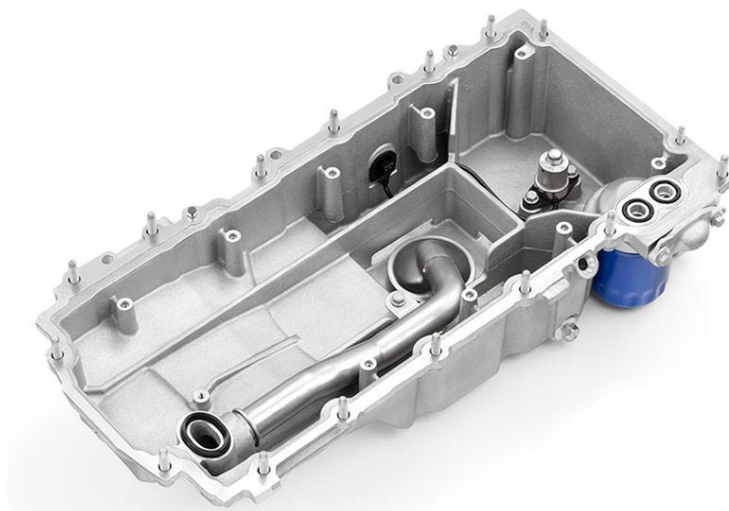


Slika 9. Cilindar Otto motora, [12].

U cilindru se odvija proces toplinskog izgaranja gorive smjese, ali ima ulogu vođenja kipa po njegovom pravocrtnom gibanju. Klip pretvara toplinsku energiju u koristan rad, odnosno mehaničku energiju kojom se potom automobil pokreće. Uzdužna os klipa mora biti potpuno okomita na uzdužnu os koljenastog vratila. Unutar cilindra smještene su stjenke o koje klip vrši trenje zajedno s prstenima, i one moraju biti izvedene tako da unutar cilindra ne dolazi do deformacija ili eventualnog loma klipa, s obzirom da se odvijaju veliki tlakovi unutar samoga cilindra. Unutrašnja ploha cilindra, po kojoj kliže klip, mora imati dobra klizna svojstva i veliku glatkoću. Materijal izrade je sivi lijev, a zbog boljšeg odvođenja topline izrađuje se i od aluminijskih legura, [8].

Korito (kada ili karter) motora (slika 10) je poklopac kojim se zatvara donji dio motora, a glavna mu je funkcija to što služi kao spremnik ulja za podmazivanje. U njemu se nalazi ulje, koje podmazuje nakon protoka kroz dijelove motora. Razina ulja u karteru mjeri se mjeračem koji je u obliku štapa i na kojemu se nalaze oznake min i max, a čime označavaju razinu ulja u motoru. Sitne čestice koje se pojavljuju u ulju uklanjaju se uljnim filterom. Kako bi se ulje pravilno i konstantno raspoređivalo po glavi motora, postoji pumpa ulja koja tjera kroz kanale bloka i glave motora ulje u glavu motora (komoru i pretkomoru). Karter se obično izrađuje od čeličnog lima, a ponekad i od lijevanog aluminijskog profila, koji bolje odvodi toplinu i dodatno

ukrućuje motor, [8]. Kod starijih motora potrebno je češće gledati na razinu ulja u motoru jer ako nema dovoljnog podmazivanja može doći do tzv. zaribavanja motora. To vrijeme se određuje prema prijađenim kilometrima udaljenosti, a kod starijih motora je to 10 000 km, dok kod novih automobila to može biti i na 15 000 ili čak 20 000 km.



Slika 10. Korito Otto motora, [13].

3.2. Pokretni dijelovi Otto motora

Koljenasto vratilo ili radilica služi da pravocrtno gibanje klipa pretvori u rotirajuće gibanje na izlazu iz motora, te da energiju koju je klip predao klipnjači, a potom klipnjača koljenastom vratilu, prenese na izlaznu osovinu. Ona tu energiju predaje dalje, na kotače kod vozila, odnosno na osovinu brodskog vijka, na osovinu vlaka, na propeler. Koljenasto vratilo sastoji se od niza koljena po kojima je dobilo ime. Koljena leže na temeljnim ležajevima, a sredina koljena je spojena na leteći ležaj. Vratilo u oba slučaja ima ulogu oznaka ležaja. Donji dio klipnjače sastoji se od dva dijela koji čine okrugli otvor unutar kojeg se nalazi ležaj. Taj, donji dio klipnjače pričvršćuje se za koljenasto vratilo na kojem se nalazi dosjed s provrtom za podmazivanje. Tako se ostvaruje gibljiva veza između klipnjače i koljenastog vratila, neophodna da bi se pravocrtno gibanje klipa, posredstvom klipnjače, prevelo u kružno gibanje koljenastog vratila. Na strani suprotnoj od ležajeva klipnjače nalaze se protu-utezi koji osiguravaju ravnomjeran rad motora. Ovi utezi imaju zadatak uravnoteženja gibanja klipa i klipnjače čime se umiruje rad motora i omogućava sigurno razvijanje viših brzina rada (brojeva okretaja). Utezi su najčešće napravljeni u

jednom dijelu, zajedno s koljenastim vratilom te su naknadno strojno obrađeni kako bi se uskladila njihova masa, no katkada su protu-utezi pričvršćeni vijcima. Dakako, značajno je i pravilno podmazivanje ležajeva na dosjedima koljenastog vratila zbog velike sile koja potiskuje klip, [5]. Na slici 11 prikazano je koljenasto vratilo.



Slika 11. Koljenasto vratilo (tzv.radilica), [7].

Koljenasto vratilo služi za preuzimanje sile s klipnjača pojedinih cilindara motora. Time se stvara zakretni moment motora koji se potom prenosi na transmisiju vozila. Izvedbe koljenastog vratila razlikuju se prema vrsti motora, broju cilindara i izvedbi ležišta. Koljenasto vratilo se u pravilu izrađuje od kovanog čeličnog materijala, a ponekad lijevanjem iz specijalnog sivog lijeva. Unutar koljenastog vratila nalaze se provrti koji služe za odvođenje ulja i za podmazivanje ležajeva, [8].

Koljenasto vratilo najvažniji je dio motora. Izrada koljenastih vratila vrlo je složena i ona se svrstavaju u najskuplje dijelove motora. Najčešće se izrađuju kovanjem konstrukcijskoga čelika vlačne čvrstoće $490 - 930 \text{ N/mm}^2$. Osim kovanih vratila izrađuju se i lijevana vratila, kao i vratila kovana u kalupu. Za lijevana vratila koristi se posebno pripremljeni sivi lijev zbog dobrih svojstava pri lijevanju, male osjetljivosti na zareze pri obradi, te zbog dobrih kliznih svojstava. Uz navedene materijale, koljenasta vratila izrađuju se još i od ugljičnih i legiranih čelika. Vratila motora malih snaga u velikim se serijama izrađuju prešanjem, dok se male serije izrađuju kovanjem. Neki proizvođači motora izrađuju vratila od sivog lijeva velike čvrstoće. Troškovi izrade vratila od sivog lijeva znatno su niži od kovanih ili prešanih čeličnih vratila, jer zahtijevaju manje dodatne obrade. Koljenasta vratila dobivena lijevanjem izrađuju se iz jednoga komada. Kod većih motora, koljenasta vratila

sastavljena su od po dva ili tri dijela međusobno spojena vijcima, pri čemu se nastoji da ti dijelovi budu jednaki i međusobno zamjenjivi, što smanjuje broj pričuvnih dijelova (ovo je posebno korisno za plovne objekte), [7].

Bregasto vratilo ili osovina je vratilo ili osovina koja svojim brjegovima pomaže otvaranju usisnih, odnosno ispušnih ventila. Ona je spojena s koljenastim vratilom zbog točnog otvaranja i zatvaranja pojedinih ventila, da se ne dogodi udaranje klipa u ventile. Može biti povezano na koljenasto vratilo na četiri načina, [5]:

- 1) zupčastim remenom i zupčastim remenicama
- 2) lancem i lančanicom
- 3) kosom osovinom
- 4) zupčanicima

Bregaste osovine (brjegovi) su dijelovi koji pretvaraju rotacijsko gibanje u translacijsko. Na bregastoj osovini (slika 12) smješteni su brjegovi za podizanje ispušnih i usisnih ventila, kako je prethodno navedeno. Zadatak bregaste osovine je zatvaranje i otvaranje ventila određenim redoslijedom i u određenom trenutku. Brjegovi usisnih i ispušnih ventila pomaknuti su za određeni kut. Vremena i redoslijed otvaranja ventila određena su položajem brjegova. Trajanje otvorenosti, brzine otvaranja i zatvaranja, te hod ventila određeni su oblikom brijega, [3].



Slika 12. Bregasta osovina, [3].

Klipnjača je spojni element između klipa i koljenastog vratila kod malih motora, odnosno između križne glave motora i koljenastog vratila kod velikih brodskih

motora. Klipnjača svojim gibanjem sudjeluje u pretvorbi pravocrtnog gibanja klipa u okretno gibanje radilice. Izrađuju se kovanjem ili lijevanjem, [5].

Okrećući se, brijeg počinje pritiskati na podizač ventila, koji gura ventil prema sredini cilindra, omogućujući time dotok smjese zraka i goriva. Daljnjim okretom osovine spušta se vrh brijega s podizača ventila, a opruga ventila uzrokuje vraćanje ventila u poziciju zatvaranja. Budući da bregasta osovina direktno djeluje na punjenje cilindra smjesom goriva i zraka, ali i ispuh plinova, poboljšanje u njenom radu može donijeti mjerljive rezultate u boljem radu motora. Bregasta osovina je fiksirana na mjesto ležajevima, a u situaciji kad je između ležajeva i rukavaca prevelik zazor dolazi do nepravilnog rotiranja osovine (jačeg oštećenja i trošenja), što na kraju može uzrokovati nepravilan rad motora. Ovaj problem će biti dodatno razmatran u nastavku rada, [3].

Klipnjača se koristi za pretvorbu pravocrtnog gibanja klipa u kružno gibanje koljenastog vratila. Klipnjača se u pravilu izrađuje od kovanog čelika i prešanjem iz aluminijskih legura. Sadrži malu i veliku šaku koje su međusobno povezane tijelom klipnjače. Mala šaka klipnjače povezana je s klipom pomoću osovine klipa, a tijekom rada motora kreće se translacijski. Velika šaka klipnjače povezana je s rukavcem koljenastog vratila i tijekom rada motora kreće se rotacijski, [8].

Klip (stap) je mehanička naprava valjkastog oblika, smještena u otvor cilindra, s kojim čini jednu cjelinu. Klip (stap) je namijenjen brtvljenju cilindra i pravocrtnom gibanju unutar cilindra, čime se vrši neki rad. Da bi se onemogućio prolaz medija s jedne strane klipa (stapa) na drugu, na klipovima (stapovima) su napravljeni utori u koje se umeću brtveći prsteni koje nazivamo klipnim (stapnim) prstenima, [5].

Klip je smješten na klipnjaču i on stvara volumen unutar cilindra pomoću kojega će se potom stvoriti mehanička energija odnosno koristan rad. Obično ima četiri klipa, ako se radi o četverotaktnom Otto motoru, gdje je jedan klip na jednom cilindru. Klipovi se obično izrađuju lijevanjem i prešanjem aluminijskih legura. Svaki klip sastoji se od vodećeg i brtvenog dijela, gdje prvi navedeni služi za preuzimanje normalnih sila na klip, a drugi navedeni služi za smještaj klipnih prstena. Klipovi benzinskih motora sadrže 2-5 prstena, a dizelski motori 4-6 prstena, [8]. Na slici 13 nalazi se prikaz klipnjače, klipa, klipnih prstena. Postoji uljni prsten, kompresijski prsten i brtveni prsten.



Slika 13. Klip, klipnjača, osovina i klipni prsteni, [8].

Klipni prsteni koriste se za brtvljenje klipa u cilindru motora, sprječavanje prolaza goriva odnosno gorive smjese kao i plinova izgaranja iz prostora izgaranja u prostor korita motora, sprječavanje prolaza zraka i ulja iz prostora korita motora u kompresijski prostor cilindra, skidanje viška ulja sa stjenke cilindra, odvođenje topline s klipa na stjenke cilindra, a preko njih na rashladno sredstvo motora. Klipni prsteni mogu se podijeliti u dvije grupe, na kompresijske i uljne. Kompresijski prsteni služe za brtvljenje, a uljni za skidanje ulja iz prostora motora u kompresijski prostor cilindra. Suvremeni motori, obično imaju dva kompresijska i jedan do dva uljna prstena. Da bi prsteni uvijek bili pokretni unutar utora klipa mora se postići određena aksijalna i radijalna zračnost. Aksijalna zračnost kod prvog klipnog prstena se kreće od 0,05 do 0,10 mm, a kod ostalih 0,03-0,06 mm. Radijalna zračnost kod kompresijskih prstenova iznosi 1-1,4 mm, a kod uljnih 1,4-1,8 mm. Kod premale zračnosti postoji opasnost od zaribivanja prstena, a kod prevelike zračnosti povećava se potrošnja ulja zbog pumpnog efekta, [8].

Osovina se koristi za spajanje klipa s malom šakom klipnjače. Zbog visokih opterećenja i loših uvjeta podmazivanja izrađuje se od čeličnog materijala za

cementiranje. Kod suvremenih motora koristi se slobodno ležište osovine klipa, kod kojih je potrebno osovinu klipa osigurati protiv aksijalnog pomaka u toku rada motora, posebnim osiguračima koji se umeću u posebne utore na ulaznim stranama okaca klipa. Najčešće se upotrebljavaju tzv. Seegerovi osigurači ili različiti žičani osigurači. Ventili su najčešće smješteni u glavi cilindra, tj. na vrhu cilindra. Najčešća je izvedba od po dva ventila po cilindru, kod većine četverotaktnih motora, dakle jedan usisni i jedan ispušni. Kod novijih vozila benzinskog motora pojavljuje se izvedba od četiri ventila po cilindru: dva usisna i dva ispušna. Rijetko se pojavljuje i izvedba s tri ventila po cilindru. Kod takve izvedbe jedan je usisni ventil, a dva su ispušna. Ventili su pogonjeni bregastim vratilom koje je zupčastim remenom spojeno na koljenasto vratilo motora. Bregasto vratilo mora biti usklađeno s koljenastim vratilom zbog vremena otvaranja i zatvaranja ventila da klip ne udari o ventile dok se giba u cilindru. Dvotaktni motori imaju samo ispušni ventil ili ventile, dok je usis izveden pomoću kanala na košuljici, [5].

Ventili se upotrebljavaju za promjenu radnog medija unutar cilindra motora. Kod suvremenih vozila koriste se konusni ventili s kutom nagiba od 45° , koji omogućavaju dobro strujanje radnog medija, sami se centriraju i dobro brtve. Da bi se to izvelo potrebna je i dobra izvedba sjedišta ventila u glavi motora, koje se izvodi s tri konusna nagiba. Ventili su termički i mehanički najopterećeniji dio motora. Prilikom rada motora, otvore se 1100-3700 puta u jednoj minuti. Izrađuju se od visokokvalitetnog čeličnog materijala koji je kod ispušnih ventila legiran kromom i niklom zbog visokih temperatura. Zbog nižih temperatura, usisni ventili legirani su kromom i silicijem. U glavi motora, za vođenje ventila služe posebno izvedene vođice (vodilice), a izrađuju se od centrifugalnog sivog lijeva ili od specijalne bronce. Motor oko 75-90% od ukupne potrošnje ulja troši na usisavanje ulja kroz vođice usisnih ventila, zbog toga se ventili često brtve s gornje strane vođice pomoću manžetnih ili prstenastih gumenih brtvi, [8]. Na slici 14 može se vidjeti izgled ventila Otto motora.



Slika 14. Ventil Otto motora, [14].

Svaki cilindar četverotaktnog motora ima najmanje jedan usisni (UV) i jedan ispušni ventil (IV). Promjer i hod ventila tako su odabrani da se izmjena plinova odvija uz što manje otpore. Zbog boljeg brtvljenja ventili se otvaraju prema cilindru, čime tlak izgaranja pripomaže brtvljenju. Ispušni ventil vrlo često ima manji promjer od usisnog, jer visok tlak ispušnih plinova pri njegovu otvaranju osigurava brzo pražnjenje prostora izgaranja. Kada se koristi viševentilska tehnika tada se govori o rasporedu četiri ventila po jednom cilindru, pa se time povećava snaga motora. Kombiniraju se dva ili tri usisna s jednim ili dva ispušna ventila. Prednost viševentilske tehnike je manja težina ventila, tj. manja inercija uz velike površine otvora (manja mehanička opterećenja na sjedala, opruge i površine brjegova). Najčešća izvedba u viševentilskoj tehnici je s četiri ventila. Dva veća usisna stavljena su nasuprot dva manja ispušna ventila. Za takav pogon potrebne su dvije bregaste osovine; jedna upravlja usisnim, a druga ispušnim ventilima.

Kada se govori o ventilima, neizbježno je spomenuti opruge koje se nalaze podno ventila. Naime, bregasta osovina svojim potiskivanjem daje dijelovima ventilskog mehanizma velika ubrzanja. Nastale sile mogu biti toliko velike da podizači više ne prate oblik brjegova. Zadatak ventilskih opruga je spriječiti odvajanje podizača od brjegova, ublažiti udarce i titraje nastale zbog ubrzanja ili usporenja masa i prenijeti sile na ostale dijelove motora. Sile nastale ubrzanjem i usporenjem masa ovise o broju okretaja, obliku brjegova i samoj masi ubrzavanih dijelova sustava. Konstrukcijski gledano je poželjno da dijelovi ventilskog mehanizma budu lakši. Zbog oslabljivanja opruga motor gubi snagu. Koriste se isključivo torzijske zavojne opruge

(s promjenjivim usponom ili promjerom žice zbog izbjegavanja pojave rezonancije), [3]. Na slici 15 prikazane su opruge na ventilima, a to sve na glavi Otto motora.



Slika 15. Opruge na ventilima, [3].

Posljednji od pokretnih dijelova Otto motora su ležajevi. Oni se koriste za ležište pokretnih dijelova motora. Ležajevi koji se upotrebljavaju kod Otto motora su kotrljajući i klizni. Kotrljajući ležajevi imaju mali otpor kotrljanja, a zahtjevi za podmazivanjem su im mali, pa se zbog toga prvenstveno koriste kod dvotaktnih motora kod kojih su uvjeti podmazivanja slabiji. Prilikom rada manje im je zagrijavanje i vijek trajanja im je produžen. Nedostatak im je osjetljivost na udarna opterećenja, a i zahtijevaju složeniju konstrukciju elemenata za koje moraju stvoriti ležište. Klizni ležajevi su povoljniji, postavljaju se bez poteškoća, imaju dobra svojstva klizanja i nečujni su u radu. Najčešće se upotrebljavaju kod četverotaktnih motora. Svaki klizni ležaj sadrži šalicu i ležajni materijal. Šalica osigurava potrebnu čvrstoću i otpornost, a ležajni materijal poboljšava klizna svojstva i daje potrebnu sigurnost u radu, [8].

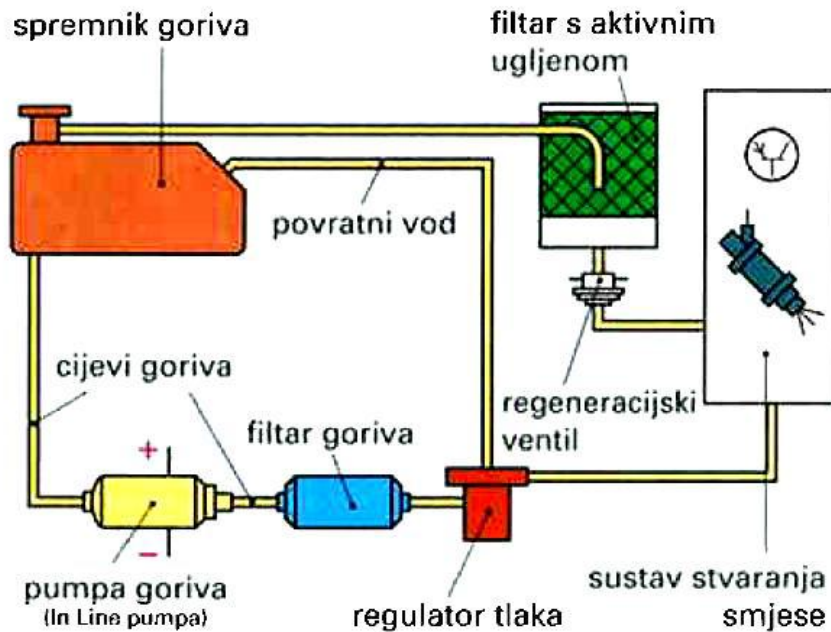
3.3. Sustav za napajanje gorivom

Zbog različitog načina pripreme i paljenja smjese kod Otto i dizel motora, oni imaju i različite sustave dobave goriva. Kod Otto motora, sustav dobave goriva sastoji se od sljedećih elemenata, [2, 16, 17]:

- rezervoar za smještaj goriva,
- pročištač goriva,
- odgovarajući cjevovodi,
- pumpa za dobavu goriva
- rasplinjač (karburator).

U novije vrijeme se kod Otto motora sve više istiskuju sustavi za dobavu goriva preko rasplinjača, a njihovo mjesto zauzimaju različiti sustavi za ubrizgavanje goriva, sve s ciljem postizanja veće efikasnosti procesa u motoru s unutrašnjim izgaranjem, [16].

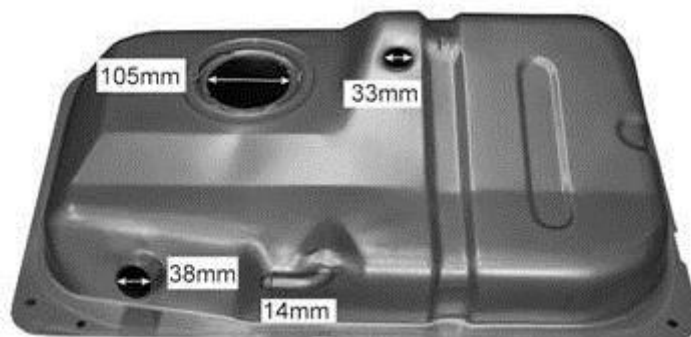
Sustav za napajanje ima zadatak vršiti pravovremenu i pravovaljanu opskrbu sustava za pripremu smjese goriva kako bi motor nesmetano radio. Kako je prethodno navedeno, svi elementi sustava za napajanje gorivom sudjeluju u procesu dobave goriva. Općepoznato je da se u rezervoaru stvaraju prljavštine koje ne smiju potom biti u gorivu, pa se gorivo putem mora pročititi. Gorivo potiskivanjem pumpe za gorivo, koja se nalazi unutar rezervoara, putuje cjevovodom do pročištača nakon čega dalje cjevovodom putuje do rasplinjača, odnosno karburatora. Također, postoji još jedan cjevovod od rasplinjača do rezervoara, no on nije spojen na pročištač goriva jer služi za povrat viška goriva, ako do njega dođe u rasplinjaču. Višak goriva se može stvoriti nekontroliranim pumpanjem pumpe goriva iz rezervoara, ako dođe do određenog kvara. Na slici 16 prikazani su prethodno navedeni elementi sustava za dobavu gorivom.



Slika 16. Sustav dobave goriva, [2, 17].

Spremnik goriva izvana i iznutra prevučen je zaštitnim antikorozivnim slojem. Kod velikim spremnika i ekstremnih uvjeta vožnje, kao što su trkaća vozila u zavojima, vožnja po strmim padinama, gorivo se može rasporediti tako da ga pumpa više ne može usisavati. Pad snage motora može se izbjeći ugradnjom pregradnih zidova u spremnik goriva ili ugradnjom malog spremnika goriva koji je uvijek ispunjen gorivom, te on može služiti i u slučaju nestanka goriva. Bitan element kod dovoda goriva je cjevovod koji mora izdržati udarce, vibracije i požar. Cijevi se postavljaju tako da budu zaštićene od mehaničkih oštećenja, a moraju se izbjeći sve točke zagrijavanja kako bi se spriječila tvorba parnih čepova u gorivu. Pročistač (filter) za gorivo zadržava sve nečistoće koje bi smetale sustavu dovoda, a naročito sustavu za pripremu smjese, [2, 17]. Na slici 17 prikazan je izgled spremnika za gorivo s promjerima rupa za crijeva. Spremnik za različita vozila ima i različiti izgled i veličinu što svjedoči da manji automobili imaju manji volumen goriva i obrnuto, ali i oblikom su drugačiji jer je svaki automobil karoserijom rađen kao unikat. Na slici gdje je prikazana najveća rupa od 105 mm promjera predstavlja mjesto za pumpu za gorivo koja dolazi s gornje strane spremnika, a nalazi se ispod zadnjeg sjedišta u automobilima. Rupa od 38 mm promjera predstavlja mjesto cjevovoda koji dolazi od

priključka za točenje goriva koji se nalazi na zadnjem dijelu automobila sa suvozačeve strane ili lijeve strane automobila kada se gleda prema njemu.



Slika 17. Sustav dobave goriva, [18].

Pročistač za gorivo (slika 18) služi isključivo za zadržavanje svih nečistoća koje se mogu pojaviti u spremniku za gorivo radi stajanja goriva, dotrajalosti materijala od kojega je napravljen spremnik, nečistoća u samome gorivu. Pročistač goriva nalazi se na lijevoj strani automobila, a fizički mora biti između rezervoara i rasplinjača.



Slika 18. Pročistač goriva, [19].

Pročistač pročišćava sve čestice veće od 8 mikrometara, a izbor materijala za pročišćavanje koji se koristi kako bi se osigurala filtracija goriva treba ispuniti dva uvjeta, a oni su, [2]:

- 1) osigurati zaštitu brizgalica goriva
- 2) održati tijek pročistačkih performansi tijekom vremena na temelju zahtjeva proizvođača vozila

Kako je na slici gore prikazano iz više strana pročistač goriva može također biti različitih oblika i veličina, što se određuje prema tipu vozila, no važno je reći da na sebi mora imati strelicu koja određuje smjer dolaska goriva, a time ujedno i odlazak goriva. Tako je prikazano na svakom pročistaču goriva, jer je važno kako se okreće. Primjera radi, nije kao kod pročistača ulja i zraka gdje je moguće montirati ih samo na jedan način. Kod starijih izvedbi i proizvodnje automobila, pročistač goriva postavljao se na podnicu automobila s lijeve strane, dok se kod novijih vozila postavlja pored motora ispod haube automobila.

Cjevovodi koji služe za dobavu i odvod viška goriva postavljaju se na vozilu, u pravilu, također na lijevu stranu, ako je pročistač goriva na podnici automobila, ali i ako se on nalazi ispod haube, cjevovodi se postavljaju opet na lijevu stranu vozila. Izuzevši automobile koji imaju priključak za točenje goriva s desne strane, tada cjevovodi idu s desne strane, gledajući od prednje strane vozila.



Slika 19. Pročistač goriva, [20].

Cjevovodi se u pravilu izrađuju od gume pri čemu je ona u proizvodnji pojačana kako bi bila otporna na udarce, naprezanja, i druga opterećenja prilikom vožnje. Cjevovodi s kopčama postavljaju se uz rub automobila na podnici i time su podložni kiši, vlazi, snijegu, udarcima kamenja i drugim mogućim mehaničkim oštećenjima pa je nužno pregledavati ih često.

Pumpa goriva ima zadatak dovesti gorivo s niže točke, iz spremnika, do sustava za stvaranje smjese goriva, na višu točku. Postoje različite izvedbe pumpi za gorivo, mogu se nalaziti postavljene na spremnik za gorivo ili biti uronjene u njega. Na slici 20 prikazana je pumpa za gorivo uronjena u spremnik goriva.



Slika 20. Pumpa za gorivo uronjena u spremnik goriva, [21].

U konačnici, sustav za dovod goriva ima vrlo složen zadatak. U tom zadatku potrebno je stvoriti smjesu koja odgovara motoru da nesmetano radi. Naime, smjesa goriva se miješa sa zrakom i to u točno određenom omjeru i određenom trenutku. Postoje senzori i regulatori koji su za to zaduženi, a nalaze se na rasplinjaču. Ako smjesa nije zadovoljavajuća motor automobila radi neprekidno, nema potrebnu snagu, a u konačnici i ne može uopće raditi.

Potreba za zrakom i benzinom kod motora mijenja se zavisno od temperature, opterećenja motora i brzine. Ako smjesa zraka i benzina nije dobra ili ako vremensko

podešavanje momenta paljenja nije precizno, motor neće raditi ili će, u najboljem slučaju, raditi slabo, [2, 17].

Smjesa koja se miješa u rasplinjaču će postati maglica koja dolazi iz brizgalice ili iz više njih. Potom dolazi do svjećica gdje se pali i u cilindar u kojemu izgara. Automobili koji imaju karburator kao rasplinjač imaju ili jednu brizgalicu ili četiri njih.

Gorivo, sustav dovoda goriva i njegova izgaranja u motoru vozila s vremenom u svim svojim elementima stvaraju naslage i talog nečistoća. Sedimenti se stvaraju većinom na svim dijelovima vozila kroz koje prolazi gorivo, a svakako se najviše očituju kod najpreciznijih elemenata poput sustava ubrizgavanja te sustava odvodnje plinova, [2, 17]. Naslage na ovim elementima znače povećanu potrošnju, ali i potrošnju karika (obujmica) koje se nalaze na klipovima klipnjača, pa u najgorem slučaju može doći do oštećenja cilindra, a potom i kraj životnog vijeka toga motora.

4. NAČINI UBRIZGAVANJA GORIVA KOD OTTO MOTORA

Da bi se motor s unutrašnjim izgaranjem automobila uopće upalio, potrebno je dovesti gorivo do samoga motora, svjećica za paljenje goriva i cilindra. Da bi se gorivo dovelo do cilindra i svjećica mora postojati određeni način dovoda goriva, odnosno ubrizgavanja goriva. Prema tome, razlikuju se sljedeće vrste sustava za ubrizgavanje, [17]:

- kontinuirano ili neprekinuto
- impulsno ili prekidno ubrizgavanje
- direktno
- indirektno ubrizgavanje
- centralno
- decentralizirano ili pojedinačno.

4.1. Direktno ubrizgavanje goriva

Otto motori mogu koristiti direktno ubrizgavanje goriva pri kojem se gorivo izravno isporučuje u komoru za izgaranje ili indirektno ubrizgavanje gdje se gorivo miješa sa zrakom prije usisnog takta. Od 1980. godine nadalje, rasplinjače kod Otto motora zamijenili su sustavi ubrizgavanja. Osnovna razlika između rasplinjača i sustava ubrizgavanja goriva jest da se kod ubrizgavanja gorivo raspršuje kroz male mlaznice pod visokim tlakom, dok se rasplinjač bazira na usisavanju vanjskog zraka ubrzanog kroz Venturijevu cijev te tako pomoću struje zraka uvlači gorivo, [2].

Direktno ubrizgavanje karakterizira se brizgalicom smještenom u glavi motora te ubrizgava gorivo izravno u cilindar prilikom kompresijskog takta. Takav sustav je najučinkovitiji kada je riječ o iskorištenju energije goriva, a samim time je i ekološki najpogodniji. Gorivo se ubrizgava izravno u prostor izgaranja u taktu usisa ili kompresije. Kako bi izgaranje bilo što kvalitetnije stupanj kompresije mora biti izrazito visok, što motoru s direktnim ubrizgavanjem daje veliku volumensku snagu. Motor s direktnim ubrizgavanjem ima okomite usisne kanale kako bi se dobilo odgovarajuće

strujanje. Pomoću visokotlačne pumpe gorivo se u cilindre ubrizgava pod tlakom od 50 bara. Postoje visokotlačne brizgalice s promjenjivim oblikom mlaza goriva, te klip s nosom i udubljenjem za oblikovanje strujanja u cilindru. Prednosti direktnog ubrizgavanja najviše se ogledaju kroz potrošnju goriva, jer je kod takvog ubrizgavanja potrošnja smanjena od 15 do 20%, a i snaga motora je poboljšana. Još jedna prednost je da izravni odnosno direktni sustav ubrizgavanja zahtijeva vrlo brzo isparavanje od goriva kako bi se omogućilo brzo miješanje sa zrakom. [17].

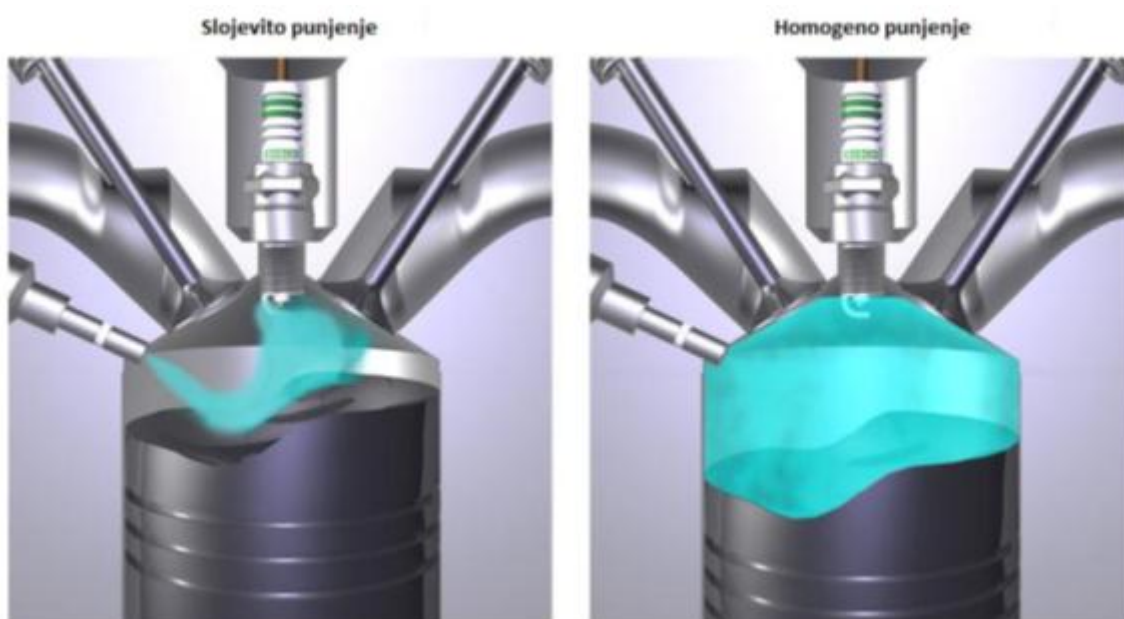
Sustav s direktnim ubrizgavanjem benzina u komoru za izgaranje vrši istoimeno ubrizgavanje i tada se klip pokreće. Konstrukcija sustava u odnosu na dizel motore je potpuno drugačija. U ovom slučaju se točno i precizno vrši sastav smjese prema unaprijed dogovorenim parametrima, pa stoga ima veliku prednost. Ovakav sustav se prvi puta pojavio sredinom 20. stoljeća na Mercedesu koji je imao šest cilindara i snagu motora od 215 konjskih snaga. Proizvođač sustava bio je Bosch. Nakon tog automobila, sljedećih 40 godina nije bilo proizvodnje s takvim sustavom jer je bilo skupo, ali je i vuklo vrhunski sustav upravljanja. Nakon toga, 1996. godine pojavio se Mitsubishi s DGI markom sustava ubrizgavanja. Ovakav sustav stvara veliki pritisak goriva koje se dovodi do brizgalice. Priprema odgovarajuće smjese na cijelom području rada motora je glavni problem jer je proces miješanja goriva i zraka ovisan od mnogo vremenski promjenjivih varijabli. Upravo zbog toga, kod ovih motora najodgovornija je uloga na sustavu pripreme smjese, tj. ubrizgavanja goriva. Tako prvi sustavi ubrizgavanja, zasnovani na rješenjima s dizel motora, uglavnom nisu mogli zadovoljiti. U novije vrijeme došlo je do znatnog napretka u razvoju tehnologije upravljanja, što je omogućilo i dalja istraživanja na sustavima za direktno ubrizgavanje, [22].

Kada se automobil vozi konstantnom brzinom i bez potrebe za ubrzanjem i stvaranjem većeg okretnog momenta, tada sustav treba opskrbiti slojevito punjenje, što znači ubrizgavanje malo goriva i to samo u taktu sabijanja oko svjeće do početka paljenja. Ostali dio cilindra ispunjava zrak koji stvara smjesu za paljenje, a ostatak volumena ispunjava zrak ili ispušni plinovi, ako automobil posjeduje EGR sustav. Ovakav način ubrizgavanja stvara siromašnu smjesu koja se kreće od 22:1 pa do 55:1 kod vrlo jakih automobila, [22].

Kada se automobil vozi većim brzinama i stvaraju se veća opterećenja, potrebno je opskrbiti homogeni način punjenja gorivom. U ovom slučaju,

ubrizgavanje počinje u taktu usisa kako bi se gorivo izmiješalo sa zrakom i stvorilo homogenu smjesu u cilindru. Omjer zraka i goriva je u ovom slučaju stehiometrijski od 7:1 pa do 22:1, [22].

U slučaju kada je potrebno prijeći iz jednog režima rada u drugi, sustav može koristiti oba načina ubrizgavanja, ali se mora odvijati u prvome taktu, usisu, kako bi se postigla homogena, odgovarajuća smjesa, [22]. Na slici 21 prikazani su načini ubrizgavanja kod direktnog ubrizgavanja goriva.



Slika 21. Direktno ubrizgavanje goriva, [22].

4.2. Indirektno ubrizgavanje goriva

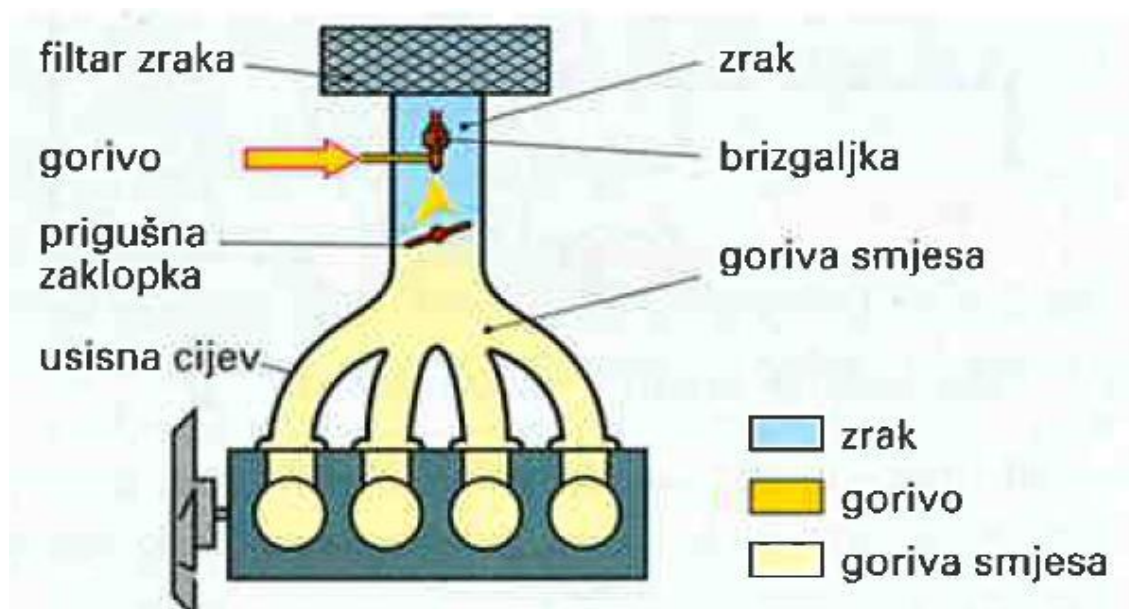
Kod indirektnog ubrizgavanja gorivo se ubrizgava ispred usisnih ventila ili u kućište leptira gasa. Radi se o vanjskom stvaranju smjese, a ubrizgavanje može biti izvedeno u jednoj točki i naziva se *Single Point Injection* (SPI) ili u više točaka koje se naziva *Multi Point Injection* (MPI), [17].

Ubrizgavanje u više točaka može biti ubrizgavanje u vod ili ispred usisnog ventila. Ono može biti konstantno ili periodično. Periodično može biti simultano

(istovremeno za sve cilindre), grupno (za grupu cilindara istovremeno i sekvencijalno (posebno za svaki cilindar), [22].

4.2.1. *Single Point Injection*

Single Point Injection označava ubrizgavanje goriva u jednoj točki u kućištu prigušne zaklopke ispred leptira. Uparivanju goriva pridonose zagrijavane stjenke usisne grane i ugrađeni grijaći elementi. Prednost takvog sustava je jednostavnija i povoljnija konstrukcija, a nedostatak je nejednolika raspodjela goriva po cilindrima zbog različite dužine usisnih grana i otpora strujanja, [17]. Na slici 22 nalazi se prikaz *Single Point Injection* način ubrizgavanja.



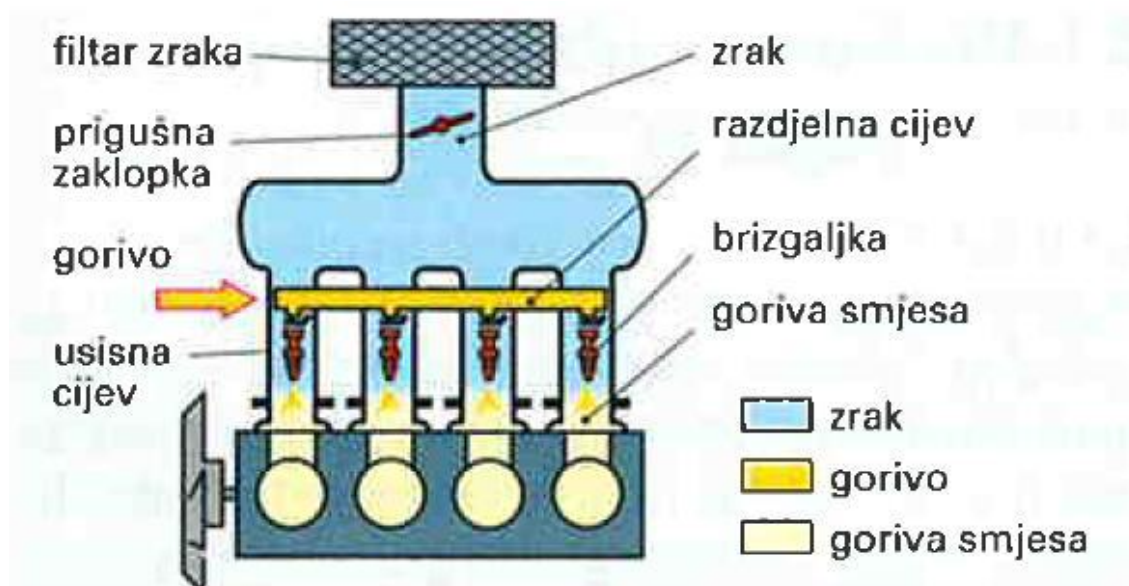
Slika 22. *Single Point Injection*, [17].

Najpoznatiji sistem SPI tipa je *Bosch Mono-Jectronic* sistem. To je sistem za ubrizgavanje kojega je kompanija Bosch izbacila na tržište 1988. godine, a zadržao se u upotrebi do polovine devedesetih. *Mono-Jectronic* sistem je indirektni, elektronski kontrolirani sistem s jednom brizgalicom na usisnoj grani motora koja ubacuje gorivo u struju zraka prisilno pod pritiskom od 0,75 do 1 bar. Vrijeme ubrizgavanja i količina goriva definira se elektronskom upravljačkom jedinicom pomoću podataka iz senzora, kao što su ugao otklona leptira, broj okretaja,

temperatura motora i usisnog zraka, lambda sonde, te senzor klima uređaja i automatske transmisije, [22].

4.2.2. Multi Point Injection

Kod sustava *Multi Point Injection* (slika 23) regulator tlaka goriva ima ulaznu vezu s razvodnikom goriva i izlaz koji omogućuje povratak goriva u spremnik. Snaga tlaka određuje tlak goriva i drži ga na određenoj vrijednosti. Svakom je cilindru pridružena jedna brizgalica bilo u usisnim cijevima ili neposredno ispred usisnih ventila. Svaki cilindar dobiva smjesu jednake kvalitete i upravo je to prednost toga sustava.



Slika 23. *Multi Point Injection*, [17].

U *Multi Point Injection* sustavu ubrizgavanja razlikuje se nekoliko načina ubrizgavanja, [17]:

- istodobno ili simultano ubrizgavanje – sve se brizgalice istodobno otvaraju bez obzira na odvijanje taktova u pojedinim cilindrima pa su i vremena za stvaranje smjese vrlo različita, ukupna količina goriva ubrizgava se u dva navrata

- grupno ubrizgavanje – povoljnije je od istodobnog, brizgalice prvog i trećeg te drugog i četvrtog cilindra se izmjenično otvaraju tako da ubrizgavaju uvijek prije usisa. Ubrizgava se kompletna količina goriva.
- Sekvencijalno ubrizgavanje – svaka se brizgalica aktivira neposredno prije usisa kada se ubrizgava ukupna količina goriva. Prednosti su optimalna smjesa za sve cilindre i bolje unutarnje hlađenje cilindara

5. EKSPLOATACIJSKE ZNAČAJKE OTTO MOTORA

Najvažnije eksploatacijske značajke Otto motora proizlaze iz samih karakteristika pojedinog automobila, a to su snaga motora, radni obujam motora, okretni moment i potrošnja goriva i ulja. Pri kupnji automobila vrlo je važno znati temeljne eksploatacijske značajke, ali i one druge koje nisu osnovne, ali se vode kao takve. Prikupljanjem informacija i podataka o takvim značajkama može se doći do vrlo važnih saznanja o stanju motora, automobila i svih sustava unutar njega. Vrlo je važna pouzdanost motora i prilagodljivost automobila, sustava unutar njega te međusobna kohezija svih njih, [2].

U radu je naveden i detaljno obrađen sustav za napajanje gorivom Otto motora, no postoje i drugi sustavi, poput sustava za hlađenje, sustava za upravljanje, sustava za podmazivanje, sustava za signalizaciju itd., pa je prijeko važno da jedan prati drugi i reagiraju na vrijeme, u protivnom može doći do drastičnih posljedica za motor.

Snaga motora je važna eksploatacijska značajka, a govori o mogućnostima samoga motora i njegovim mogućim postignućima u određenim situacijama. Snaga motora izražava se u kilovatima (kW), a najslabije snage motora su automobili koji se više ne proizvode, poput Yugo, Peglica, Fiat (stari tipovi) koji su bili snagom manjom od 50kW, pa do najnovijih izvedbi motora i do 1000kW. Najjači motor trenutno je SSC Tuatara s najvećom brzinom od 430 km/h te snagom od 1.350 konjskih snaga (KS) pri najvećem momentu od 1500Nm, [23]. Dakle, snaga ovoga motora je 1000kW.

Radni obujam je druga eksploatacijska značajka koja se navodi, a govori o veličini motora. Motori koji su bili prije u proizvodnji za gore navedena vozila, koja se više ne proizvode, imali su radni obujam oko 700 ccm (cm³) tzv. kubika. U današnje vrijeme

proizvode se automobili s motorom i od 5000ccm pa i više. Radni obujam motora također otkriva i njegovu snagu.

Okretni moment postiže se povećanjem okretaja motora, a kada se postigne maksimalni okretni moment tada motor postiže svoju maksimalnu snagu. Svaki automobil ima motor s definiranim maksimalnim brojem okretaja gdje on postiže maksimalnu snagu, odnosno maksimalni okretni moment. U novijim izvedbama Otto motora postiže se maksimalni okretni moment, ali pri manjim okretajima, čime se postiže ekonomičnost vožnje i udobnost.

Potrošnja ulja i goriva ovisi uvelike o izvedbi motora, načinu na koji postiže maksimalnu snagu, pri koliko okretaja u minuti motora, a kako je gore spomenuto, u novije vrijeme se proizvode ekonomični motori koji to postižu pri malim okretajima. Time motor automobila radi tiše i ekonomičnije pa je i sama potrošnja ulja i goriva svedena na minimum. Potrošnja ulja nije očigledna kod novijih izvedbi motora. Kada motor odradi nekoliko godina tada se pojavljuje prva potrošnja ulja jer je rad motora, može se reći, malo rastresen, jer su dijelovi koji izvide gibanje potrošeni, pa se više ulja troši za podmazivanje. Dakle, ulje koje se nalazi u motoru služi za podmazivanje koljenastog vratila u bloku motora, bregaste osovine u glavi motora, te za podmazivanje lanca koji neke izvedbe motora posjeduju, dok druge posjeduju zupčasti remen, koji se nalazi s vanjske strane motora i nema potrebu podmazivati se. S vremenom popušta i kvaliteta brtvi koje se nalaze na mnoštvu dijelova koji su postavljeni na glavu i blok motora.

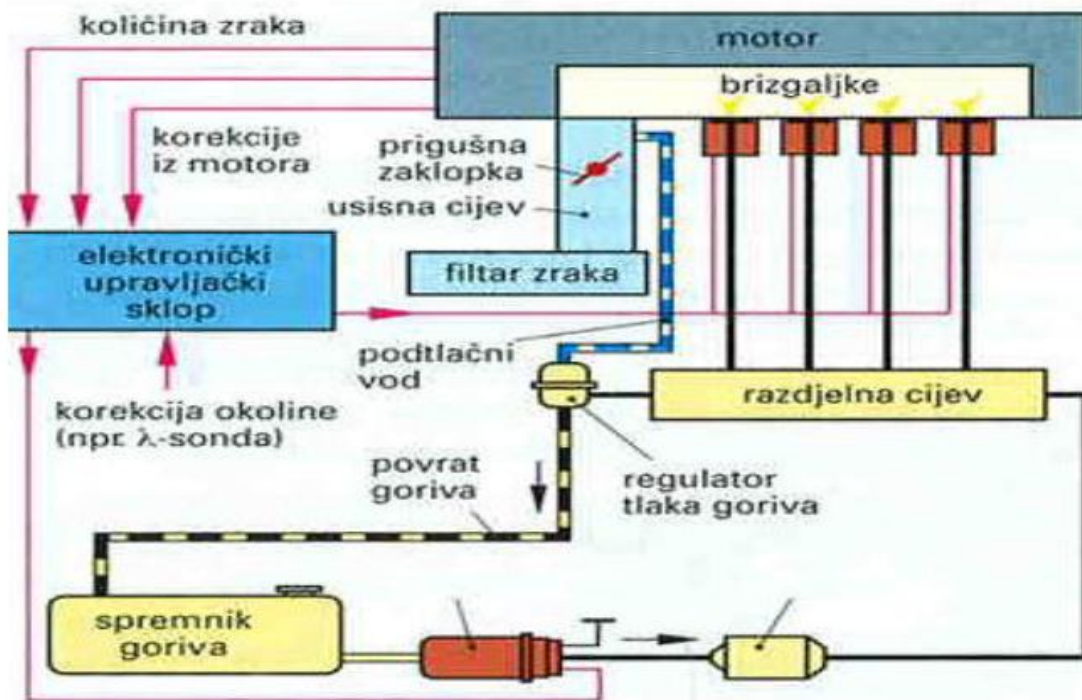
Od ostalih eksploatacijskih značajki Otto motora tu je radna temperatura motora, kompresijski omjer, brojčane vrijednosti taktova i njihovih veličina tlaka. Benzinski motori imaju veliku temperaturu rada, posebice kod ispuha. Također, benzinski motor usisava gorivu smjesu gdje se gorivo ubrizgava direktno u cilindar, pa kada dođe do izgaranja u cilindru posjeduje se smjesa koja se pali putem iskre svjećica. Stupanj korisnog djelovanja je vrlo visok, kreće se oko 9:1, dok, primjera radi, dizelski motori imaju manji stupanj korisnog djelovanja, 22:1 kako bi se u cilindrima stisnuti zrak mogao dovoljno ugrijati za samozapaljenje dizelskog goriva. Prostor za izgaranje u benzinskom motoru je veći nego u dizelskom. Za pumpanje goriva iz rezervoara koristi se membranska napojna pumpa koja služi kod manjih strojeva, [8].

Značajkama motora ili vanjskim karakteristikama nazivaju se dijagrami efektivne snage, momenta i specifične potrošnje goriva kod punog opterećenja motora.

Dobivaju se ispitivanjem na uređaju za mjerenje snage motora, kod benzinskog motora pri potpuno otvorenoj zaklopci. Kod automobila to odgovara do kraja pritisnutoj papučici gasa. Međutim u stvarnosti motor vrlo rijetko radi pod punim opterećenjem, pa je za analizu troškova goriva nužan topografski dijagram specifične efektivne potrošnje goriva. Putem njega se može odrediti efektivna snaga motora pri identičnom momentu i potrošnji goriva, [8].

6. RAZVOJ SUSTAVA ZA UBRIZGAVANJE NA MOTORIMA VOZILIMA

Zadatak sustava za ubrizgavanje goriva (slika 24) je upravljanje protokom i raspršivanjem goriva u određeni dio za izgaranje na osnovu poznavanja parametara i stavki rada motora, kao i obrade dobivenih informacija. Sustav ubrizgavanja također ima i veliku važnost za ispravan i stalan rad motora. Zadatci sustava za ubrizgavanje su raspršivanje goriva u usisavani zrak i stvaranje što ravnomjernije smjese, prilagođavanje kvalitete smjese trenutnim potrebama motora, stvaranje što manje količine štetnih tvari u ispušnim plinovima, ubrizgavanje u pravom trenutku, kontrola tlaka ubrizgavanja u određenom vremenskom intervalu i u točno određenu točku te ubrizgavanje ispravne količine goriva, [17].



Slika 24. Blok shema sustava za ubrizgavanje, [17].

Na slici iznad prikazan je sustav ubrizgavanja koji se sastoji od spremnika goriva, regulatora tlaka goriva, filtera zraka, usisne cijev, prigušne zaklopke te elektroničkog upravljačkog sklopa koji svoje djelovanje prenosi na brizgalice koje omogućavaju ubrizgavanje u motor.

U početku je sustav ubrizgavanja imao samo jednu brizgalicu i to je tzv. *Single Point Injection* koji je koristio rasplinjač karburator. Takvih izvedbi skoro da i više nema u praksi jer su to automobili, odnosno motori stari po 20 godina i više. Kod takvih motora snaga koju mogu razviti je relativno mala, a apsolutno mala u odnosu na današnje izvedbe.

Prvo električno ubrizgavanje razvio je 1957. godine Bendix, a 1967. godine Bosch je razvio sustav D-Jetronic za Volkswagen 1600 TL (neuspješan nasljednik „bube“). Od kraja osamdesetih godina prošloga stoljeća počinje masovno korištenje sustava za ubrizgavanje goriva. Direktno ubrizgavanje po prvi put je u automobil ugrađeno 1955. godine (Mercedes 300 SL), a potom je nastala pauza sve do 1997. godine, kada tu koncepciju uvodi Mitsubishi Carisma GDI, [2].

Ubrizgavanje koje se počelo masovno koristiti u automobilskim motorima bilo je centralno SFI, s jednom brizgalicom na mjestu rasplinjača. Gorivo se može

ubrizgavati indirektno (u usisnu cijev) i direktno (u cilindar). Kod indirektnog ubrizgavanja, koje ima velika većina automobila, miješanje počinje u usisnoj cijevi, te se nastavlja u cilindru tijekom usisa i kompresije. Pri kraju kompresije, prije preskakanja iskre na svjećici, postiže se homogena smjesa goriva i zraka. Kod direktnog ubrizgavanja sve se odvija u cilindru, [2]. Potom je proizveden sustav za napajanje gorivom motora s četiri brizgalice gdje je jedna na svakom cilindru. U tom slučaju svaki cilindar dobiva jednako kvalitetnu smjesu i to je velika prednost ovoga sustava, [2].

7. ZAKLJUČAK

Na temelju postavljenih teorijskih činjenica i obrađene teme, razvidno je da Otto motor ima veliku brzinu vrtnje iz čega proizlazi da je i snaga motora veća, no istovremeno je potrošnja goriva veća, kada bi se vršila usporedba s dizelskim motorom. Sustav napajanja gorivom je centralni sustav nužan za rad Otto motora, no pri pokretanju vozila važno je kakav je način ubrizgavanja u tom sustavu. Unazad 20 ili 30 godina kada su se proizvodili motori s malim okretnim momentom, malim radnim obujmom pa tako i snagom motora, ubrizgavanje na sustavu napajanja gorivom bilo je izvedeno s jednom brizgalicom koja je raspršivala gorivo u usisnu granu, a potom i u cilindar direktno. Daljnjim razvojem autoindustrije motori su imali drugačiji sustav za napajanje gorivom i to s izvedbom ubrizgavanja od četiri brizgalice, dakle svaka na jednom cilindru. Tada se rasplinjači, odnosno karburatori, nisu više proizvodili.

Većina današnjih motora ima izvedeno direktno ubrizgavanje goriva u sklopu sustava za napajanje gorivom, a time su postignuti puno bolji rezultati u radu motora i postizanju njegovih karakteristika. Kod odabira motora svaki pojedinac obratit će pozornost na eksploatacijske značajke motora, prije svega snagu, radni obujam, i u konačnici cijenu.

U novijim vozilima ugrađeni su sustavi elektronskog ubrizgavanja goriva pri čemu se postiže veća snaga motora jer nema gubitaka, ali da pri tome nema povećanja potrošnje goriva. Također, u novijim izvedbama Otto motora pazi se na ekologiju i zaštitu okoliša jer su količine ispušnih plinova iz motora ograničene zakonom i Direktivama Europske unije. Izgaranjem goriva u cilindrima motora stvaraju se ispušni plinovi koji se prije izbacivanja iz ispušnog sustava pročišćavaju, ali ni to nije dovoljno za očuvanje našeg okoliša.

LITERATURA

- [1] Ottov motor. <http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=45927>, (6.7.2017.)
- [2] Merkaš, S. Analiza sustava za napajanje gorivom kod Otto motora. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu: Fakultet prometnih znanosti, 2016.
- [3] Šućur, N. Analiza dotrajalosti bregaste osovine četverotaktnog motora s unutarnjim izgaranjem. Zagreb: Fakultet strojarstva i brodogradnje, 2015.
- [4] Medica, V. Toplinski strojevi I: Volumetrijski strojevi: podloge za studente. Rijeka: Sveučilište u Rijeci: Tehnički fakultet, 2006.
- [5] ECOS pilot school. <https://www.ecos-psa.hr/motor-s-unutarnjim-izgaranjem/>, (9.7.2017.)
- [6] <http://www.auto-info.hr/tehnologije/tehnologije/cetverotaktni-otto-motor/5-18-120.html>, (10.7.2017.)
- [7] Putre, R. i Dragović, N. Metalizacija koljenastih vratila. Brodogradnja 64(2013)1.
- [8] Anđal, M. Komparativna analiza eksploatacijskih značajki dizelskih i benzinskih motora. Zagreb: Fakultet prometnih znanosti, 2016.
- [9] <http://www.prometna-zona.com/glava-motora-i-ventili/>, (7.7.2017.)
- [10] <http://www.prometna-zona.com/blok%20motora/>, (7.7.2017.)
- [11] <http://arhiva.autonet.hr/blok-motora>, (8.7.2017.)
- [12] <http://arhiva.autonet.hr/klip-i-cilindar>, (7.7.2017.)
- [13] http://www.autonet.hr/wp-content/uploads/2017/06/autonet_skola_motorna_ulja_2013-07-29_009.jpg, (9.7.2017.)
- [14] <http://www.psc-ferencak.hr/timthumb.php?src=/files/Image/psc/sekcija-traktor/207313.jpg&w=304&h=304>, (10.7.2017.)
- [15] Gecan, M. Cestovna vozila. Moravice: Željeznička tehnička škola.

- [16] Filipović, I. Cestovna vozila. Priručnik za vođitelje stanica tehničkih pregleda vozila. mervik: Sarajevo, 2012.
- [17] Keser, M. Potrošnja goriva u ovisnosti o izvedbi sustava za ubrizgavanje smjese kod suvremenih benzinskih motora. Zagreb: Fakultet prometnih znanosti, 2015.
- [18] <https://www.silux.hr/media/cache/rezervoar-goriva-ford-fiesta-96-99-bfa3b6e500ae33c9476fd49a1bef89a3.jpeg>, (10.7.2017.)
- [19] Bosch. <http://www.sanel.biz/downloads/tehnice-informacije/Bosch/BOSCH%20filteri.pdf>, (10.7.2017.)
- [20] <https://www.marinastores.hr/subcategory/79-fuel-hoses-bulbs-connectors>, (10.7.2017.)
- [21] <https://www.polovniautomobili.com/auto-delovi/7831647/pumpa-za-gorivo-u-rezervoaru>, (10.7.2017.)
- [22] Radović, N. Sistemi za obrazovanje smješe kod Oto motora. Banja Luka: Mašinski fakultet, 2011.

POPIS SLIKA

Slika 1. Četiri takta radnog ciklusa, [3].	4
Slika 2. Prvi takt – usis, [3].	5
Slika 3. Drugi takt – kompresija, [3].	6
Slika 4. Treći takt - izgaranje i ekspanzija, [3].	7
Slika 5. Četvrti takt - ispuh.	8
Slika 6. Osnovni dijelovi Otto motora, [4, 6].	10
Slika 7. Blok Otto motora, [11].	11
Slika 8. Glava Otto motora, [9].	12
Slika 9. Cilindar Otto motora, [12].	14
Slika 10. Korito Otto motora, [13].	15
Slika 11. Koljenasto vratilo (radilica), [7].	16
Slika 12. Bregasta osovina, [3].	17
Slika 13. Klip, klipnjača, osovina i klipni prsteni, [8].	19
Slika 14. Ventil Otto motora, [14].	21
Slika 15. Opruge na ventilima, [3].	22
Slika 16. Sustav dobave goriva, [2, 17].	24
Slika 17. Sustav dobave goriva, [18].	25
Slika 18. Pročistač goriva, [19].	25
Slika 19. Pročistač goriva, [20].	26
Slika 20. Pumpa za gorivo uronjena u spremnik goriva, [21].	27
Slika 21. Direktno ubrizgavanje goriva, [22].	31
Slika 22. Single Point Injection, [17].	32
Slika 23. Multi Point Injection, [17].	33
Slika 24. Blok shema sustava za ubrizgavanje, [17].	37